


DIFFRACTION GRATING AND ITS MANUFACTURE, AND 2ND HARMONIC GENERATING DEVICE

Patent number: JP6102552
Publication date: 1994-04-15
Inventor: ASAKURA HIROYUKI; IIDA MASANORI
Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
Classification:
- **International:** G02B5/18; G02F1/377; H01S3/109; G02F1/01; H01S3/08; G02B5/18; G02F1/35; H01S3/109; G02F1/01; H01S3/08; (IPC1-7): G02F1/37; G02B5/18
- **European:** G02B5/18D; G02B5/18E; G02B5/18F; G02B5/18R; G02F1/377; H01S3/109
Application number: JP19920252587 19920922
Priority number(s): JP19920252587 19920922

Also published as:

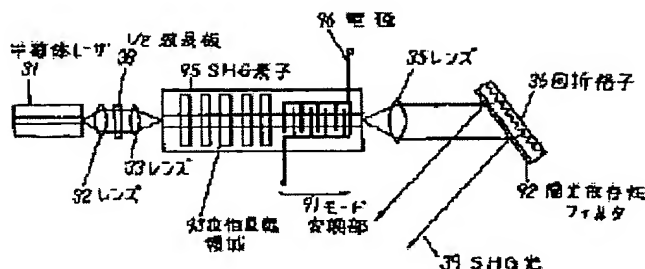
 US5448398 (A1)

Report a data error here

Abstract of JP6102552

PURPOSE: To obtain the 2nd harmonic generating device which is low in noise and variable in output intensity and has high efficiency and high output and the diffraction grating which is used for it.

CONSTITUTION: Light emitted by a semiconductor laser 31 has its plane of polarization rotated by 90 deg. through a 1/2 wavelength plate and is coupled with an SHG (2nd harmonic generating) element 95 with high efficiency. The light which is passed through the SHG element 95 is made incident on the diffraction grating 36 through a lens 35. A polarization dependent wavelength filter 92 reflects all of the specifically polarized SHG light and passes all of light having longer wavelength than the SHG light. The light passed through the filter 92 is dispersed by the diffraction grating and only light having the wavelength of a fundamental wave whose phase is to be matched is selected and fed back to the semiconductor laser 31. This semiconductor laser 31 oscillates with the wavelength of the fundamental wave and the fundamental wave light is converted by the SHG element 95 into SHG light with high efficiency. The SHG light 39 from the SHG element 95 is all reflected as output light by the filter 92 to outside a resonator.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】反射型回折格子と前記反射型回折格子上に透明媒質を介して入射面にフィルタを形成し、前記フィルタが特定波長は透過し、前記特定波長の半分の波長の光に対しては反射することを特徴とする回折格子。

【請求項2】請求項1に記載の回折格子において透明媒質の屈折率 n 、特定波長 λ としたとき前記回折格子の格子間隔が

$$1.5 * \lambda / n > d > 0.5 * \lambda / n$$

であることを特徴とする回折格子。

【請求項3】請求項1に記載の回折格子において回折格子面とフィルタ面とが所定の角度をなしていることを特徴とした回折格子。

【請求項4】透明基板上に形成したフィルタを、回折格子の反射面上に前記透明基板の屈折率と等しい屈折率を有する透明な接着剤によって張り合わせることを特徴とする回折格子の作製法。

【請求項5】透明基板上に格子構造を形成し、前記格子構造上に金属膜を形成し、前記透明基板の裏面にフィルタを形成することを特徴とする回折格子の作製法。

【請求項6】半導体レーザを基本波光源とする第2高調波発生装置であって、第2高調波発生素子の位相整合条件を満足させる発振波長で前記半導体レーザにおいてレーザ発振を行わせるための基本波を選択する光共振器に請求項1に記載の回折格子を用い、請求項1に記載の特定波長を基本波の波長としたことを特徴とする第2高調波発生装置。

【請求項7】反射面の1面に回折格子を形成した直角プリズムにおいて光の入射面に、特定波長は透過し、前記特定波長の半分の波長の光に対しては反射するフィルタを形成したことを特徴とする回折格子。

【請求項8】請求項5に記載の回折格子において透明媒質の屈折率 n 、特定波長 λ 、プリズムの頂角 θ としたとき前記回折格子の格子間隔が

$$1.5 * \lambda / n > d * \cos(\theta/2) > 0.5 * \lambda / n$$

であることを特徴とする回折格子。

【請求項9】半導体レーザを基本波光源とする第2高調波発生装置であって、第2高調波発生素子の位相整合条件を満足させる発振波長で前記半導体レーザにおいてレーザ発振を行わせるための基本波を選択する光共振器に請求項7に記載の回折格子を用い、請求項7に記載の特定波長を基本波の波長としたことを特徴とする第2高調波発生装置。

【請求項10】半導体レーザを基本波光源とする第2高調波発生装置であって、第2高調波発生素子の位相整合条件を満足させる発振波長で前記半導体レーザにおいてレーザ発振を行わせるための基本波を選択する光共振器に請求項1に記載の回折格子を用いかつ前記光共振器の中に前記第2高調波発生素子において発生した第2高調

波を透過し基本波は波長選択的に透過する光素子を挿入したことを特徴とする第2高調波発生装置。

【請求項11】請求項4、6、7のいずれかに記載の半導体レーザを基本波光源とする第2高調波発生装置であって、第2高調波発生素子にモード変換部をもうけ、フィルタに偏光依存性フィルタを用いたことを特徴とする第2高調波発生装置。

【請求項12】半導体レーザを基本波光源とする第2高調波発生装置であって、第2高調波発生素子の位相整合条件を満足させる発振波長で前記半導体レーザのレーザ発振を行わせるための基本波を選択する光共振器に、基本波の波長 λ 、格子溝間隔 d 、格子溝深さ h が以下の条件、

$$0.5 * \lambda / n < d < 1.5 * \lambda / n$$

かつ

$$0.2 * d < h < 0.5 * d$$

を満たすフーリエ回折格子を用いたことを特徴とする第2高調波発生装置。

【請求項13】請求項6、9、10、11、12のいずれかに記載の第2高調波発生素子に反転分極型光導波路構造を用いたことを特徴とする第2高調波発生装置。

【請求項14】請求項6、9、10、11、12のいずれかに記載の第2高調波発生素子に疑似位相整合法にもとづいた素子を用いたことを特徴とする第2高調波発生装置。

【請求項15】請求項6、9、10、11、12のいずれかに記載の第2高調波発生素子にニオブ酸リチウムまたはリチウムタンタレートもしくはKTPを基板とした素子を用いたことを特徴とする第2高調波発生装置。

【請求項16】請求項6、9、10、11のいずれかに記載の第2高調波発生装置の光共振器における回折格子にフーリエ回折格子を用いたことを特徴とする第2高調波発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はレーザを基本波光源とする第2高調波発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来におけるドメイン反転構造を有する疑似位相整合型の第2高調波発生装置を図9に示す。基本光源である半導体レーザ1、レンズ2、3、1/2波長板8、第2高調波発生素子(SHG素子)4、レンズ5、回折格子6、長波長遮断光フィルタ7から構成される。半導体レーザ1から出た光はレンズ2および3、1/2波長板8、SHG素子4、レンズ5を通して回折格子6に入射される。1/2波長板8は半導体レーザ1とSHG素子4との結合を高める目的で偏光方向を変換するために用いている。回折格子の角度をSHG素子4の位相整合条件が整う波長の光のみを元の光学系に光帰還

することによって、光学系全体でレーザ共振器を形成され、半導体レーザ1はこの波長でレーザ発振する。半導体レーザ1から出た基本波はSHG素子内を伝搬し第2高調波に変換される。変換された第2高調波は回折格子6、長波長遮断光フィルタ7を通して取り出される（特開平4-107536号）。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来においては第2高調波光9は回折格子6をかいして取り出されるため、図10に示されるように回折格子6において0次および高次の回折が生じ、第2高調波光が各方向に分散される。特にSHG光は基本波光に対して波長が1/2になっており、回折の原理から基本波より多くの方向の回折光を発生する。従って光出力の有効な取り出しが行えず、実際に使用する光の光量が減少してしまう。基本波の光に対しても回折格子6において回折されない光21や高次の回折光28が発生するためにSHG素子4へ帰還されレーザ発振に寄与する回折光25の光量が低下する。このため半導体レーザ1のしきい値が上昇する。すると半導体レーザ1の光出力が低くなるためSHG素子4での変換効率が低下し高い出力のSHG光量が得られない。半導体レーザ1への帰還光量が少ないと半導体レーザ1の発振が不安定であり、温度、振動などの周囲環境の変化により発振波長自体も変動、モードモップするため安定した位相整合状態を保てない欠点がある。また従来の発明における光共振器では基本波の1次回折光25を半導体レーザ1に帰還するリトロ光学系を採用しているためにSHG光の2次の回折光24が基本光の1次の回折光25と同じ方向に回折する。よってSHG光24は基本波光25と同じ光路を通して元のSHG素子に帰還され共振器を形成し不用な雑音を発生し、出力の不安定化を起こす。

【0004】さらに従来方式では直接変調によりSHG光の出力光強度を可変できない欠点を有する。

【0005】また、共振器にプリズムを用いて基本波光と第2高調波光を分離発振する手段も提案されているがプリズムでは半導体レーザ1を位相整合条件を満たす所定の基本波波長で発振させるだけの分解能を与えることは光学的に困難であり、半導体レーザ1の発振波長の広がりによりSHG素子4での波長変換効率は低下する。

【0006】本発明は上記課題に鑑み、出力強度が可変で低雑音で安定した高出力の第2高調波発生装置を提供するものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明の回折格子と反射フィルタを一体とした光共振器を用いるものである。またこの発明では共振器中に狭帯域の波長選択素子を挿入するものである。またこの発明ではSHG素子にモード変換部を設けるものである。

【0008】

【作用】本発明は上記した構成によって雑音が低く、高効率・高出力の第2高調波発生装置を提供するものである。また第2高調波光の強度を可変できる第2高調波発生装置を提供するものである。

【0009】

【実施例】以下、本発明の第1の実施例について図面を参照しながら説明する。図1は本発明における一実施例における反転分布導波路構造を有し疑似位相整合法による第2高調波発生装置の構成を示すものである。半導体レーザ31をでた光は1/2波長板により偏波面が90度回転されSHG素子34に高効率で結合される。SHG素子34を通過した光はレンズ35によって回折格子36に入射される。フィルタ30はSHG光についてはすべて反射し、SHG光よりも波長の長い光についてはすべて透過する。フィルタ30によって透過した半導体レーザ31の出力光は回折格子面に入射する。格子に入射した光は分散されSHG素子34によって位相整合が行なわれる基本波の波長の光のみ選択され、入射した方向に回折され、さらに元の光路をたどって半導体レーザ31に帰還される。半導体レーザ31はこの基本波の波長でレーザで発振を行なう。そして半導体レーザ31からでた基本波光はSHG素子34において位相整合条件を満たし波長が半分のSHG光に変換される。SHG素子34から出たSHG光39は図2に示されるようにフィルタ30によって共振器の外部に全て1方向に反射される。そしてSHG素子34において変換されなかった基本波光40はフィルタ30を通過して回折格子41に入射し元の入射光路に帰還される。

【0010】本発明においてはSHG素子34の基板材料としてニオブ酸リチウム(LiNbO₃)、リチウムタンタレート(LiTaO₃)、またはKTiOP₃などの非線形効果の大きいものを用いれば高出力が得られる。

【0011】本発明における回折格子36において透明媒質の屈折率n、基本波の波長をλとしたとき回折格子36の格子間隔dが

$$1.5\lambda/n > d > 0.5\lambda/n$$

の範囲にあれば基本波光40は1次回折方向に90%以上の高い効率で回折される。これは高次の回折光が発生せず、0次と1次の回折に限定され、しかも回折格子36の格子間隔dと基本波光の波長λが近いために電磁界的な相互作用が強くなるためである。従って回折格子36からの強い光帰還作用によって半導体レーザ31はの基本波での安定したレーザ発振を行い、効率よく高出力で安定したSHG光39がえられる。また図1においては回折格子36の溝方向を紙面に垂直方向(Y方向)にしているが、この溝方向が紙面に平行(X方向)になるように設定すれば、SHG素子34の導波路構造がX方向に長い矩形の場合、より分解能の高い波長選択帰還が行える。

【0012】本発明における回折格子の1実施例における構造と作製法を図3に示す。実施例の(a)では反射型回折格子41の格子面にフィルタ面を有するガラス基板をこのガラス基板の屈折率と等しい屈折率の透明樹脂接着剤によって張り合わせて作製した例である。この場合、接着剤光硬化樹脂などを用いると作業性良く作製できる。また、フィルタ30の基板は透明であれば樹脂もしくは結晶材料でもかまわない。図3(b)に第2の実施例を示す。透明基板上に格子形状の形成し、格子形状面に金属材料を蒸着または塗布し反射面を形成し、基板44の他の面にフィルタを形成したものである。基板44への格子形状作製には基板44の直接エッチング加工、型材によるモールド加工、ゾルゲル法などを用いれば安価で大量に作製できる。この第2の実施例においても基板材料は樹脂、ガラス、結晶基板を用いればよい。樹脂基板であれば作製が容易であり、またガラス材料や結晶材料であれば熱膨張も小さく信頼性も高い。

【0013】また、図4に示す第2高調波発生装置の第2の実施例にみられるように回折格子66の面とフィルタの反射面とを傾けることによってSHG光69を光共振器の光軸から所望の角度方向に反射させることができる。

【0014】次に第3の実施例の回折格子およびこれを用いた第2高調波発生装置について図5を参照して説明する。本発明における共振器用回折格子は回折格子77、直角プリズム76、フィルタ79から構成される。直角プリズム76の直角部稜に直交する方向に回折格子77の溝が形成されている。基本的な機能は先に述べた第1の実施例と同様であるが、基本波長の帰還には回折格子77と直角プリズムを用いることによって直角部稜線を軸とした回転 ω に対して、直角プリズムの原理から出射光はいつも入射方向に反射されるために安定した光帰還が行える。SHG光80はフィルタ79により共振器外部に損失なく取り出される。本実施例における回折格子は先の第1の実施例と同様に、直角プリズムに回折格子を張りつけるか、もしくは直角プリズム76の1反射面に直接格子溝を形成して作製しても良い。

【0015】本発明の回折格子を用いた第2高調波発生装置の1実施例について図5にて説明する。半導体レーザ71をでた光は1/2波長板78により偏波面を90度回転しSHG素子74に高効率で結合される。SHG素子74を通過した光はレンズ75によって直角プリズム76、回折格子77に入射される。フィルタ79はSHG光についてはすべて反射し、SHG光よりも波長の長い光についてはすべて透過する。フィルタ79によって透過した光は直角部稜線を中心に一部は回折格子面に入射し残りは反射面81に入射する。格子77に入射した光は分散され反射面81で全反射されて、SHG素子74によって位相整合が行なわれる基本波の波長の光のみ選択され、入射した方向に回折され元の光路をたど

って半導体レーザ71に帰還される。また反射面81に入射した光は全反射して回折格子77に入射し分散されて同じく基本波の波長の光のみ選択され、入射した方向に回折され元の光路をたどって半導体レーザ71に帰還される。半導体レーザ71はこの基本波の波長でレーザで発振を行なう。そして半導体レーザ71からでた基本波光はSHG素子74において位相整合条件を満たし波長が半分のSHG光に変換される。SHG素子34から出たSHG光80は図2に示されるようにフィルタ79によって共振器の外部に全て反射される。そしてSHG素子74において変換されなかった基本波光はフィルタ79を通過して回折格子41に入射し元の入射光路に帰還される。本発明によれば共振器の帰還光は直角プリズム76の反射作用によって元の光路をたどるために共振器の角度ずれや振動等の擾乱に対して安定である。

【0016】本実施例における回折格子においてプリズム76の屈折率 n 、基本波の波長 λ 、プリズムの頂角 θ としたとき前記回折格子の格子間隔 d が

$$1.5 * \lambda / n > d * \cos(\theta/2) > 0.5 * \lambda / n$$

の範囲にあれば基本波光は1次回折方向に90%以上の高い効率で回折される。

【0017】これは高次の回折光が発生せず、0次と1次の回折に限定され、しかも電磁界的な相互作用が強くなるためである。従って回折格子77、プリズム76からの強い光帰還作用によって半導体レーザ31はの基本波での安定したレーザ発振を行い、効率よく高出力で安定したSHG光80がえられる。

【0018】本発明における第4の実施例を図6を用いて説明する。本発明においては第2高調波発生装置の共振器の内部に狭帯域フィルタ83挿入したものである。半導体レーザ31は半導体レーザと回折格子によって構成される外部共振器モードによって発振するため、回折格子による波長選択だけでは単一の波長で発振できない。そこで狭帯域波長フィルタ83を共振器内に挿入することで半導体レーザ31の発振を単一化できる。狭帯域波長フィルタ83はSHG光を透過し、基本波は波長選択的に透過するエタロンとして作用する。エタロンは多重反射による干渉効果を用いたものである。従って、半導体レーザ31の発振が単一化され、安定するためにレーザのノイズも低減され、SHG素子での変換効率が向上するし、高出力が得られる。

【0019】図7に本発明における第5の実施例を示す。本発明におけるSHG素子95は非線形材料基板に光導波路構造を形成したものであり、導波路部は位相反転領域93とモード変換部91から構成される。モード変換部91は導波路上に電極96を形成したものであり、電極に電圧を印可することによって光導波路内を伝搬する光のモードを変化させることができる。導波路内を伝搬するモードはTEモードとTMモードの2つであ

り、その偏光方向は互いに直交する。したがってモードを変えることによって偏光方向を変えることができる。また偏光依存性フィルタ92は、基本波長は透過するがSHG光に対しては特定の偏光方向を持つものに対してのみ反射する。従って位相反転領域を通過した光をモード変換部に挿入しモード変換によって電氣的にSHG光の偏光方向を変えることによってSHG光39の強度を変調できる。従って、光信号の変調を必要とする光記録装置や計測装置に使用することができる。また図5の光学系を用いてもよい。

【0020】本発明における第6の実施例を図8を用いて説明する。本発明においては半導体レーザ101を位相整合を行なう基本波で発振させる光共振器の波長選択素子において、基本波の波長 λ 、格子溝間隔 d 、格子溝深さ h が以下の条件、

$$0.5 * \lambda / n < d < 1.5 * \lambda / n$$

かつ

$$0.2 * d < h < 0.5 * d$$

満足するフーリエ回折格子106を使用するものである。

フーリエ回折格子はその断面形状が正弦波とその有限の高調波の重ね合わせで表現される格子である。上記の条件を満たすフーリエ回折格子106においては、基本波長は90%以上が回折されて元の半導体レーザに帰還され、波長が $1/2$ のSHG光については図10における0次光21と1次回折光23のみの回折が起こり、入射光方向に回折される2次回折光は発生しない。従って、SHG素子104において発生したSHG光はフィルタ等を用いる事なくすべて光共振器の外側に出力させることができる。また本発明における第2高調波発生装置の共振器における回折格子にフーリエ回折格子を用いて

もよい。

【0021】

【発明の効果】以上のように本発明は回折格子と反射フィルタを一体とした光共振器を用いるものである。

【0022】またこの発明では共振器中に狭帯域の波長選択素子を挿入するものである。またこの発明ではSH*

* G素子にモード変換部を設けることによって雑音が低く、高効率・高出力の第2高調波発生装置を提供するのである。

【0023】また第2高調波光の強度を可変できる第2高調波発生装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における第1の実施例における第2高調波発生装置の構成図

【図2】本発明における回折格子の一つの実施例における構成図

【図3】本発明における回折格子の一つの実施例における作製、構成図

【図4】本発明における第2の実施例における第2高調波発生装置の構成図

【図5】本発明における第3の実施例における第2高調波発生装置の構成図

【図6】本発明における第4の実施例における第2高調波発生装置の構成図

【図7】本発明における第5の実施例における第2高調波発生装置の構成図

【図8】本発明における第5の実施例における第2高調波発生装置の構成図

【図9】従来の第2高調波発生装置の構成図

【図10】回折格子における波長と回折光の関係を示す概略図

【符号の説明】

1、31 半導体レーザ

2、3、5、31、32、35 レンズ

4、34、95 第2高調波発生素子（SHG素子）

6、36、41、66、77 回折格子

8、38 $1/2$ 波長板

30、69、80 フィルタ

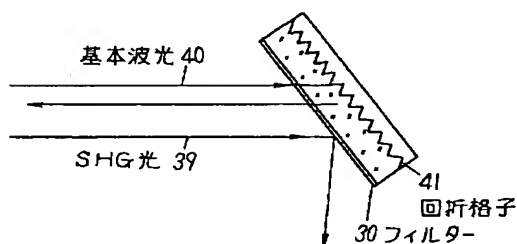
76 直角プリズム

92 偏光依存性フィルタ

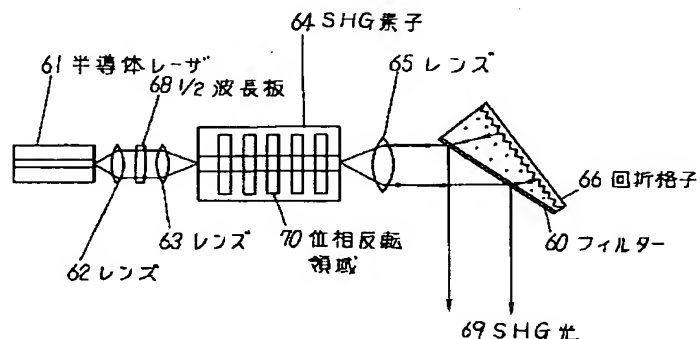
96 電極

106 フーリエ回折格子

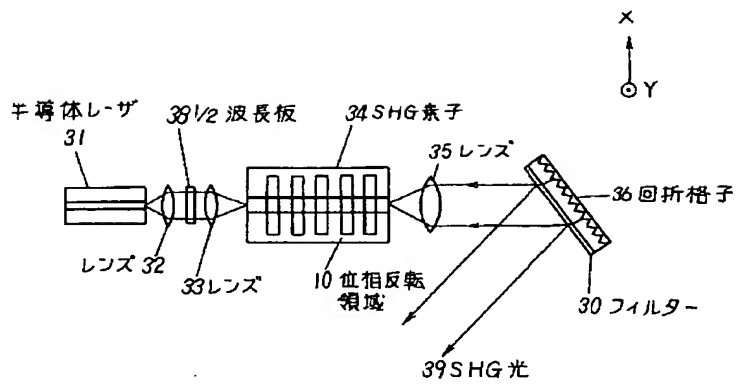
【図2】



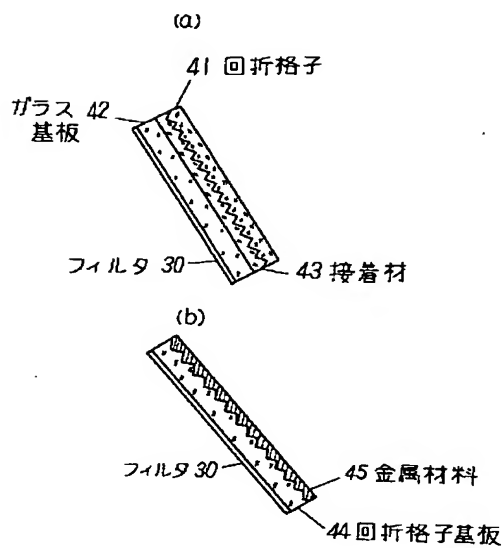
【図4】



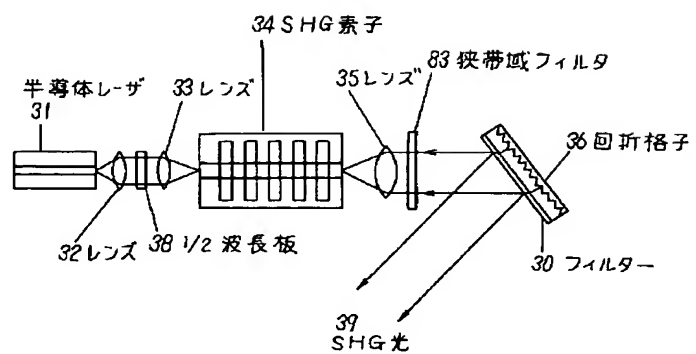
【図1】



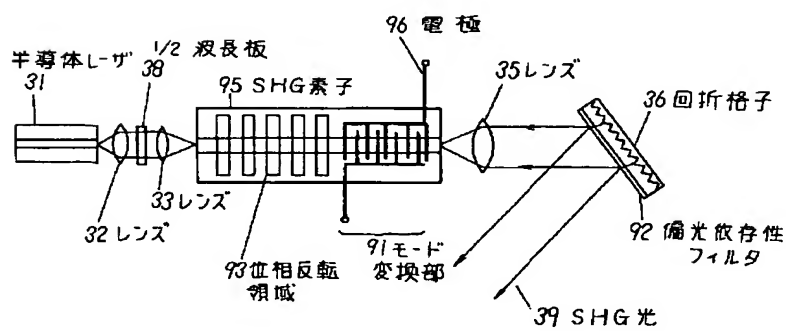
【図3】



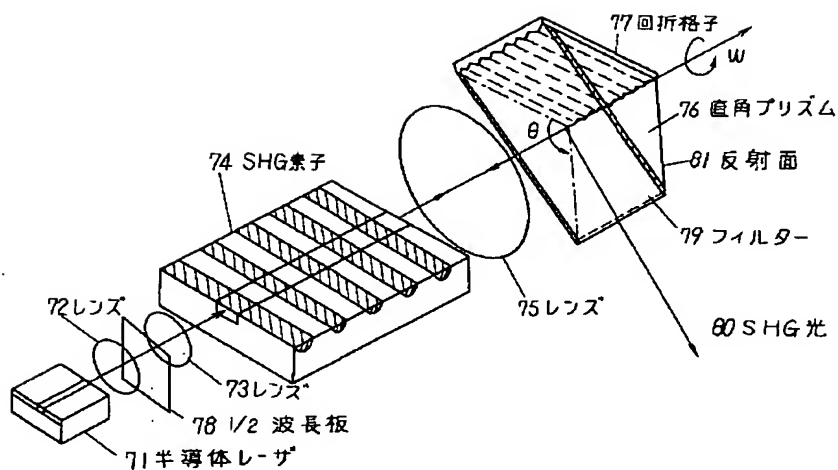
【図6】



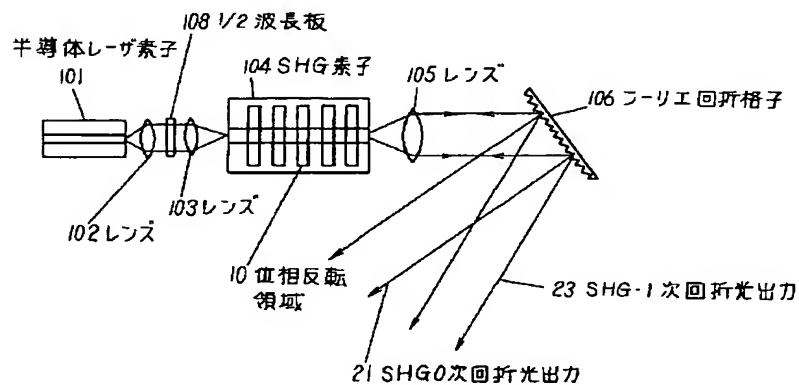
【図7】



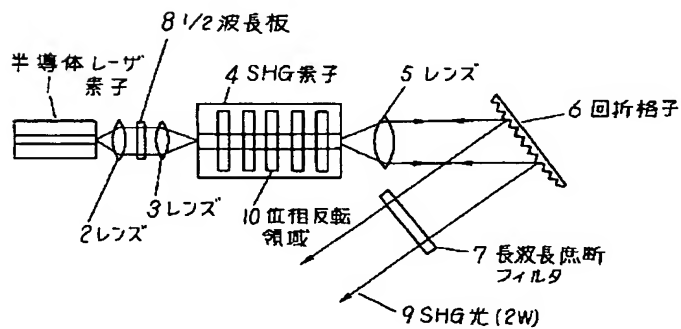
【図5】



【図8】



【図9】



【図10】

